

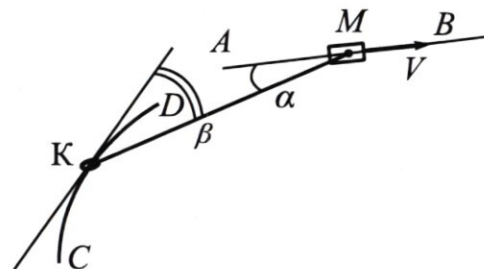
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-04

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в.

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



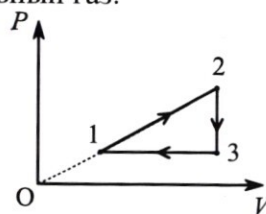
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?

3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

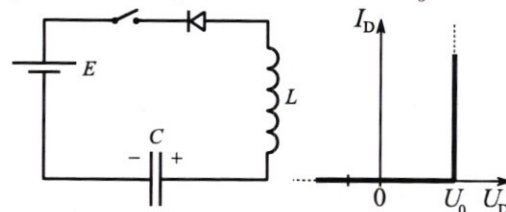
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

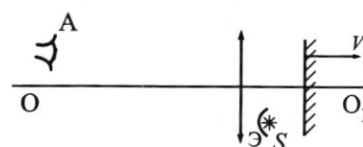


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

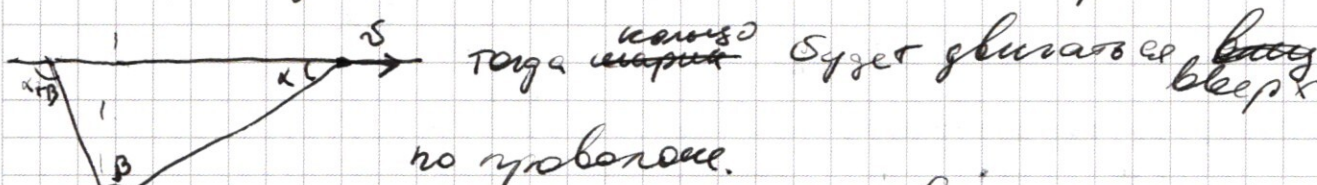
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.

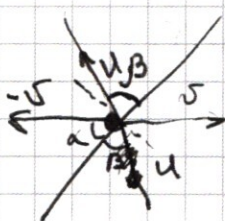


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- ① Замечим, что $\cos(\alpha + \beta) = \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} < 0 \Rightarrow$ угол $\alpha + \beta$ тупой.
На самом деле все намного не так, как на картинке:



тогда ~~маршрут~~ ^{камень} будет двигаться ~~вниз~~ ^{вверх} по parabole.
Чтобы ~~найти~~ ^{прос} рассчитать, необходимо, чтобы в с.о. одного из концов скорости ~~другого~~ ^{троем} была направлена перпендикулярно ~~маршруту~~.



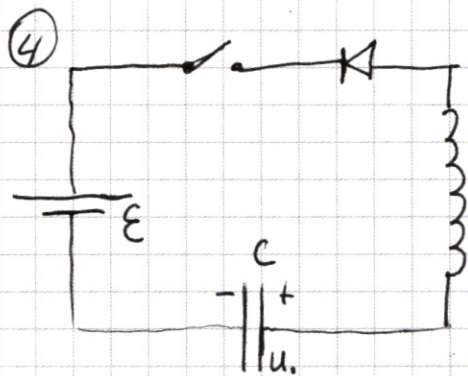
$v \cos \alpha = u \cos \beta$ — проекция скорости на маршрут
всумме дает 0.

$$u = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 2 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{17}{8} = \boxed{3,4 \text{ м/с.}}$$

2) $\vec{v}_{\text{отн.м.}} = \vec{u} + (-\vec{v})$. По теореме косинусов $v_{\text{отн.м.}}^2 = v^2 + u^2 - 2uv \cdot \cos(\alpha + \beta)$
 $= v^2 \left(1 + \left(\frac{17}{5}\right)^2 + \frac{34}{5} \cdot \frac{13}{85} \right) = v^2 \cdot \left(1 + \frac{289}{25} + \frac{18}{25} \cdot \frac{26}{25} \right) = v^2 \cdot \left(1 + \frac{315}{25} \right) =$
 $= v^2 \left(1 + \frac{63}{5} \right) = v^2 \cdot \frac{68}{5}$

$$v_{\text{отн.м.}} = v \sqrt{\frac{68}{5}} = 25 \sqrt{\frac{17}{5}} = 6,8 \sqrt{\frac{17}{5}} \approx 13 \text{ м/с}$$

3) Чтобы определить a_n , $F \cdot \sin \beta = \frac{mv^2}{R}$
 $F = \frac{m \cdot v^2 \cdot \cos^2 \alpha}{R \cos^2 \beta \sin \beta} = \frac{0,4 \cdot 4 \cdot \frac{16}{25}}{1,9 \cdot \frac{64}{17^3} \cdot \frac{15}{17^3}} = \frac{4 \cdot 17^3}{18 \cdot 15 \cdot 25} \approx 2,8 \text{ Н.}$



Диод не пропускает ток влево, а влево
пропускает только при $U > U_0 = 1 \text{ В}$.

При замыкании ключа ток пойдет
против часовой стрелки под действием
напряжения $U, -E = 3 \text{ В}$, диод пропускает ток.

1) Скорость возрастания тока - это производная: $I' = -\frac{L}{E \cdot C}$

~~до на конденсаторе $= C U_0 = 90 \text{ мкКл}$~~

Колебание по гармонической функции,

$$I_0 = 0 \Rightarrow I' = \frac{1}{LC} \cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right) = \frac{1}{LC} = \boxed{4 \text{ МкА/с}}$$

~~$\frac{1}{3} \text{ МкА} =$~~

$$U^2 + LI^2 = CU_0^2$$

2) ~~$(U^2 + LI^2 = CU_0^2)$~~ , при этом $U \geq 1$, т.к. иначе диод закрывается.

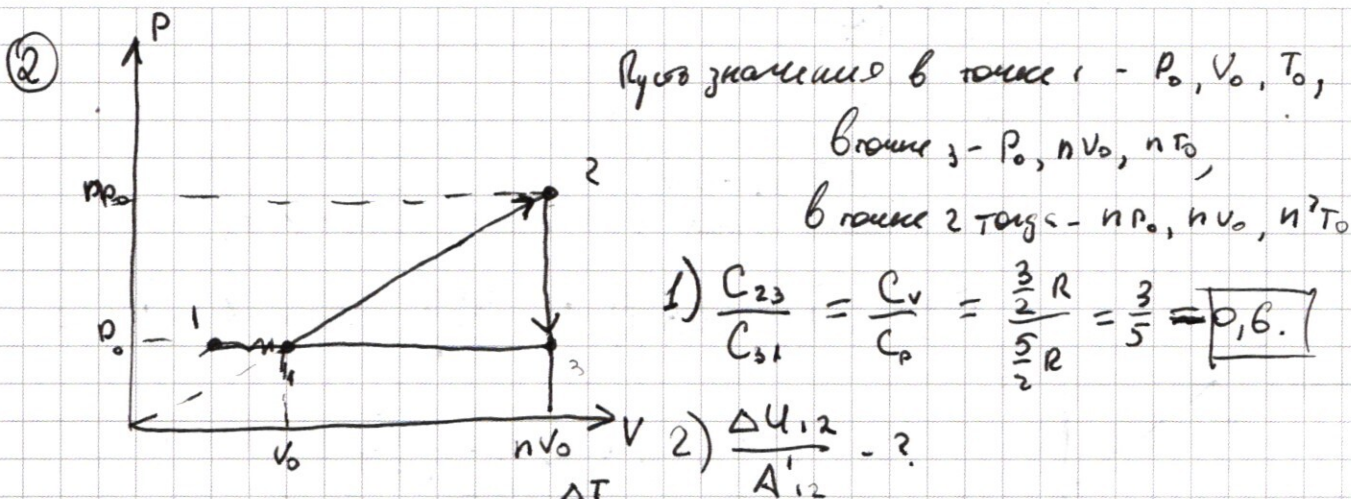
$$\text{Значит } LI_{\text{max}}^2 = CU_0^2 - C(U_0 - E + U_0)^2, I_{\text{max}}^2 = \frac{C}{L} (U_0^2 - (C + U_0)^2) =$$

$$= \frac{10}{0,4} \cdot (81 - 49) = 25 \cdot 32 = 800 \text{ мкА} = 0,8 \text{ МА.}$$

3) ~~$U_0 = E + U_0 = 7 \text{ В}$~~

При $U_0 = 7 \text{ В}$ диод закрывается $\Rightarrow U_0 = E = 6 \text{ В}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \gamma R T_0 (n^2 - 1)$$

$$A'_{12} = (n-1)V_0 \cdot (P_0 + nP_0) = (n^2-1) \frac{P_0 V_0}{2} = (n^2-1) \frac{\gamma R T_0}{2}$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A'_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \gamma R T_0 (n^2-1)}{\frac{1}{2} \gamma R T_0 (n^2-1)} = 3$$

$$3) \eta = 1 - \frac{Q_{31}}{Q_{23} + Q_{31}} = 1 - \frac{Q_{12}}{Q_{23} + Q_{31}}$$

$$\eta = \frac{A_{полесн}}{A_{затр.}} = \frac{(n-1)(n-1)n}{n^2-1} = \frac{n^2-n}{n^2-1}$$

$$Q_{12} = \Delta U + A' = 2 \gamma R T_0 (n^2-1)$$

$$Q_{23} = \Delta U = \frac{3}{2} \gamma R T_0 (n^2-n)$$

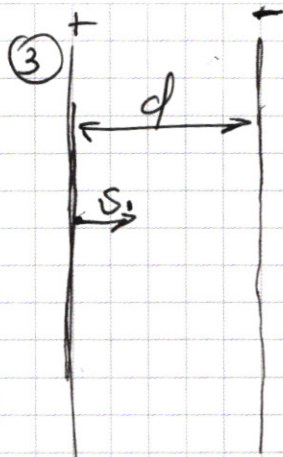
$$Q_{31} = \Delta U - A = \frac{3}{2} \gamma R T_0 (n-1) - \gamma R T_0 (n-1) = \frac{1}{2} \gamma R T_0 (n-1)$$

$$\frac{Q_{12}}{Q_{23} + Q_{31}} = \frac{2n^2-2}{\frac{3}{2}n^2 - \frac{3}{2}n + \frac{5n}{2} - \frac{5}{2}} = \frac{4(n^2-1)}{3n^2+2n-5} = \frac{4(n^2-1)}{(3n+5)(n-1)} = \frac{4(n+1)}{3n+5}$$

$$\eta = \frac{(n^2-n)}{(n+1)^2} = \frac{n^2-n}{(n+1)^2}$$

Критическое значение η : $1 \pm \sqrt{2}$

Критическое значение η через n и найти кум производной (экстремумы)



Если $+$ на левой обкладке, а $-$ на правой, частица должна вылететь слева, т.е. иначе она только разогнается.

$$F = E \cdot q = \frac{U}{d} \cdot q$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{U}{d} \cdot \frac{q}{m}$$

Пусть v равно нулю в момент времени t_x .

$$\text{Тогда } \frac{v_1 \cdot t}{2} = 0,8d; \quad t_x = \frac{1,6d}{v_1}, \text{ а также } t_x = \frac{v_1}{a} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_1^2 = 1,6da \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

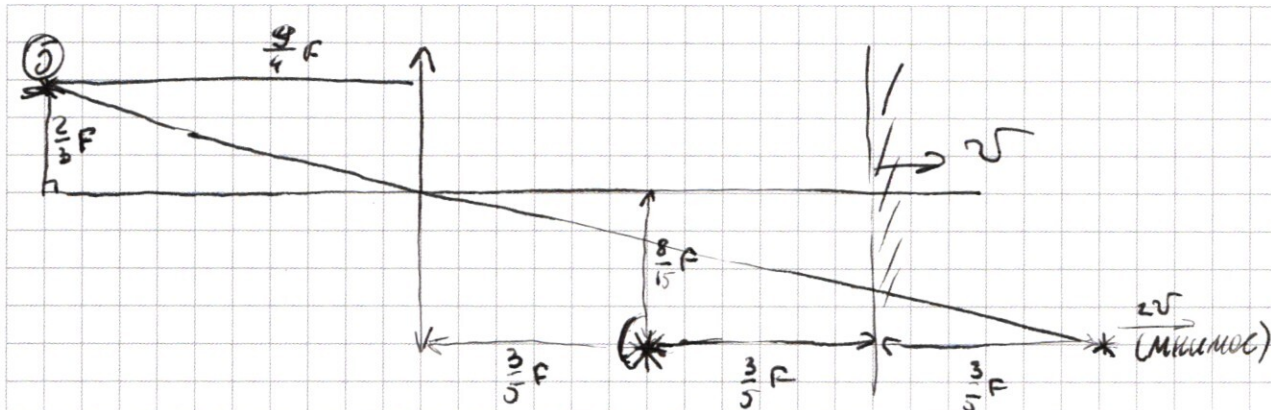
$$\frac{U}{d} \cdot \frac{q}{m} = \frac{v_1^2}{1,6d} \Rightarrow \left| \frac{q}{m} \right| = \left[\frac{v_1^2}{1,6U} \right] \leftarrow \text{ответ в 1)}.$$

2) Заметим, что частица начнет двигаться обратно после остановки и вылетит из конденсатора в обратном направлении через то же время t_x после остановки $\Rightarrow t_{\text{конденсатор}} = 2t_x =$

$$= 2 \cdot \frac{1,6d}{v_1} = \left[\frac{3,2d}{v_1} \right] \text{ корректно}$$

3) Частица вылетит из конденсатора со скоростью $-v_1$. Дальше на нее будет действовать сила, равная $qQ\left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r+d)^2}\right)$, где r - расстояние до ближней обкладки, направленной против скорости, где Q - заряд обкладки конденсатора.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



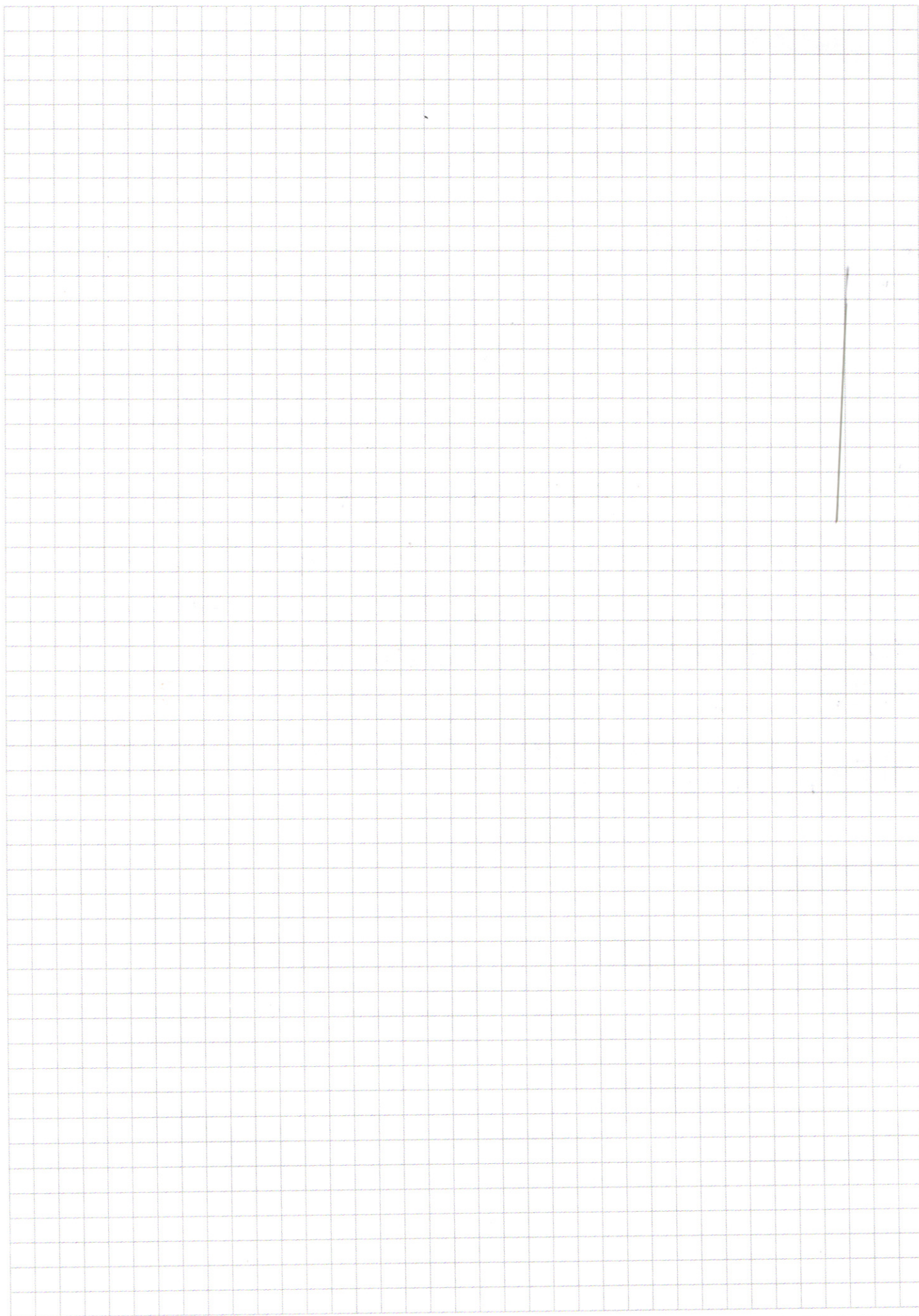
$$\frac{1}{s} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}, \quad \frac{1}{s} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2F} = \frac{1}{2F}, \quad \boxed{s = 2F} \quad \text{изображение}$$

В системе линза-зеркало на таком расстоянии, слева от линзы, действительное. Если мнимое, справа от зеркала, $\frac{3}{5}F$.

Оно будет двигаться вправо со скоростью $2v$.

1) $\boxed{\frac{9}{4}F}$ — ответ

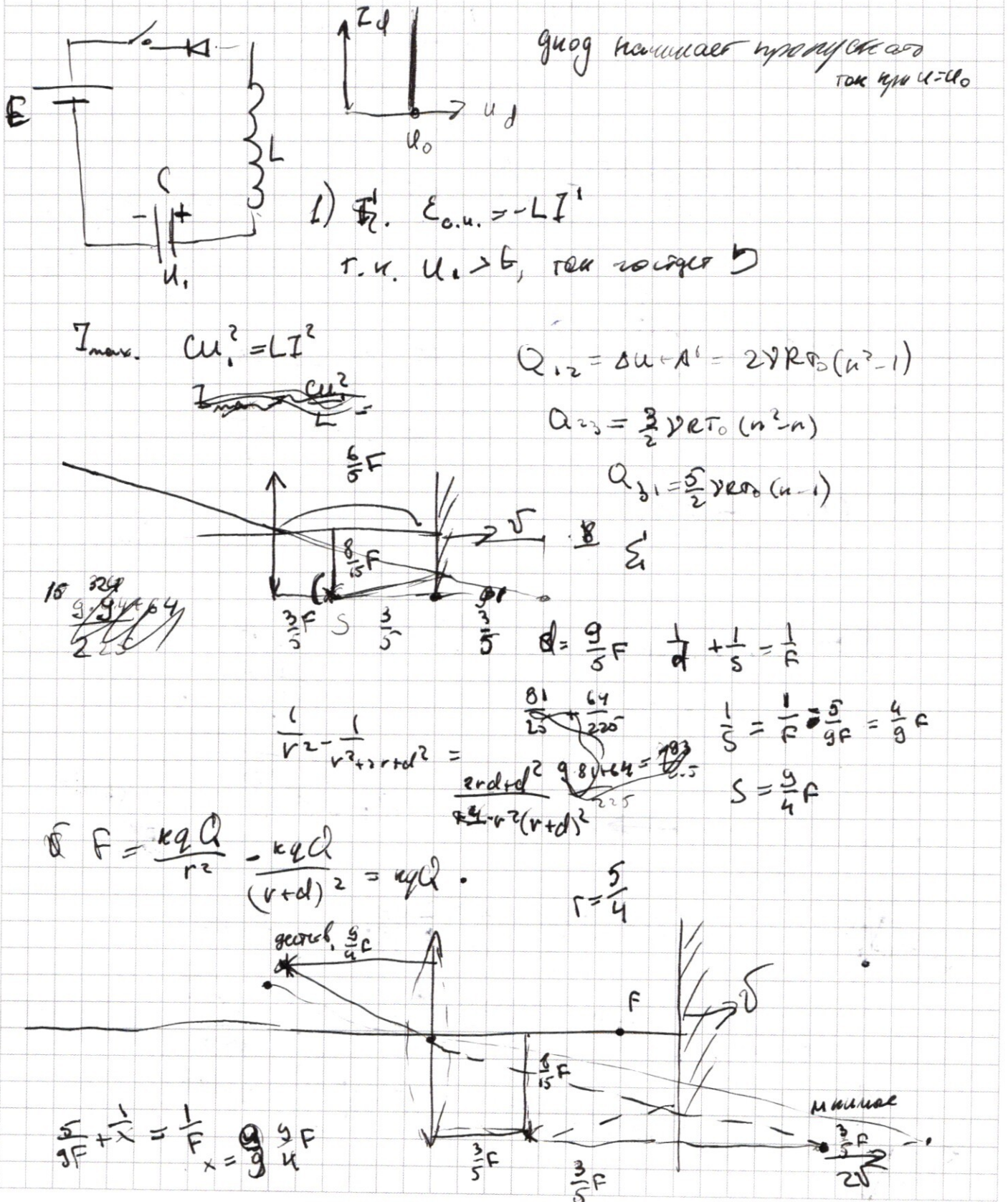
2) $\Gamma = \frac{5}{4}, |u| = \frac{5}{4} \cdot 2v = \boxed{2,5v}$ — ответ



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



E — источник ЭДС, L — индуктивность, C — емкость, U_0 — напряжение на конденсаторе.

1) $\mathcal{E}_{\text{с.и.}} = -LI'$
 т.к. $U_0 > U$, ток течет вправо

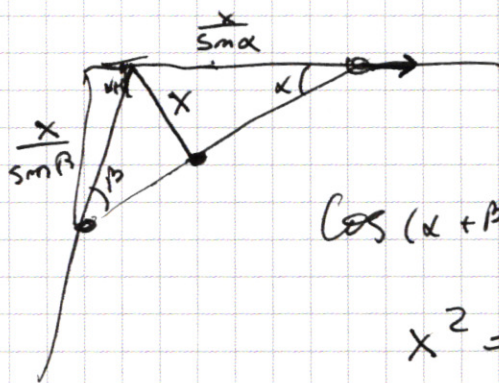
$I_{\text{max}} \quad CU_0^2 = LI^2$
 $I_{\text{max}} = \frac{CU_0^2}{L}$

$Q_{12} = \Delta U \cdot A' = 2UR_0(n^2 - 1)$
 $Q_{23} = \frac{3}{2}UR_0(n^2 - n)$
 $Q_{31} = \frac{5}{2}UR_0(n - 1)$

$d = \frac{9}{5}F \quad \frac{1}{d} + \frac{1}{5} = \frac{1}{F}$
 $\frac{1}{r^2} - \frac{1}{r^2 + 2rd + d^2} = \frac{2rd + d^2}{r^2(r+d)^2} = \frac{2 \cdot \frac{5}{4}F + (\frac{5}{4}F)^2}{(\frac{5}{4}F)^2(\frac{5}{4}F + \frac{5}{4}F)^2} = \frac{2 \cdot \frac{5}{4}F + \frac{25}{16}F}{(\frac{5}{4}F)^2 \cdot \frac{5}{2}F} = \frac{10/4 + 25/16}{(\frac{25}{16}F^2) \cdot \frac{5}{2}F} = \frac{40/16 + 25/16}{\frac{125}{16}F^3} = \frac{65/16}{\frac{125}{16}F^3} = \frac{65}{125F^3} = \frac{13}{25F^3}$

$F = \frac{kqQ}{r^2} - \frac{kqQ}{(r+d)^2} = kqQ \cdot \frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r+d)^2}$
 $\frac{5}{9F} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F} \quad x = \frac{9}{4}F$

миним. $\frac{3}{5}F$



$$l = x^2 \left(\frac{1}{5 \sin^2 \beta} + \frac{1}{5 \sin^2 \alpha} - 2 \frac{1}{5 \sin \beta} \cdot \frac{1}{5 \sin \alpha} \cdot \cos(180^\circ - \alpha - \beta) \right)$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{4 \cdot 8}{5 \cdot 17} - \frac{3 \cdot 15}{5 \cdot 17} = \frac{13}{85}$$

$$x^2 = \frac{289}{225} + \frac{25}{9} - 2 \frac{12 \cdot 5}{3 \cdot 15} \cdot \frac{13}{85} =$$

$$= \frac{9 \cdot 289 + 25 \cdot 225}{225 \cdot 9} - \frac{13}{45} \cdot 15 = \frac{9 \cdot 289 + 25 \cdot 225}{9 \cdot 15} - \frac{13}{3} =$$

$$= \frac{9 \cdot 17}{15} + \frac{275}{5 \cdot 17} - \frac{13}{3} = \frac{12}{15} - \frac{13}{3} + \frac{25}{17} =$$

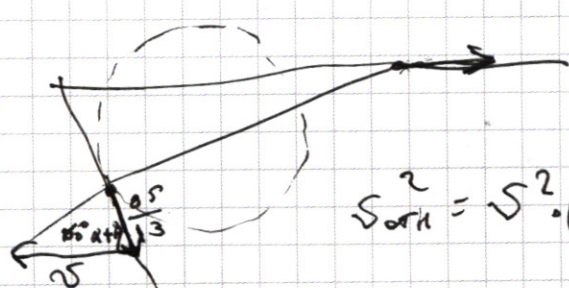
$$= \frac{68 \cdot 17 - 75 \cdot 15}{15 \cdot 17} \quad R$$

$$v = u \cdot \cos(\alpha + \beta) = u \cdot \frac{13}{85}$$

$$|u| = \frac{85}{13} v$$

$$\begin{array}{r} \times 85 \\ 85 \\ \hline 425 \\ 40 \\ \hline 64 \\ \hline 7225 \end{array}$$

$$7225 - 169 = 1156$$



$$v_{\text{отн}} = u - v$$

$$v^2 = v^2 \cdot \left(1 + \left(\frac{85}{13} \right)^2 - 2 \cdot \frac{85}{13} \cdot \frac{13}{85} \cdot 2 \cdot \frac{85}{13} \cdot 1 \right) =$$

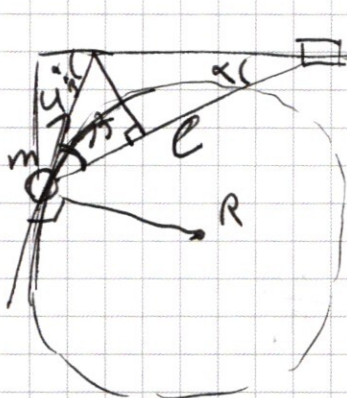
$$= v^2 \left(\left(\frac{85}{13} \right)^2 - 1 \right) = v^2 \cdot \frac{1156}{169}$$

$$v \cos \alpha = u \cos \beta$$

$$u = v$$

$$\frac{17}{5} \cdot \frac{17}{8} = \frac{17}{10} v = 1,7 v$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Векторы

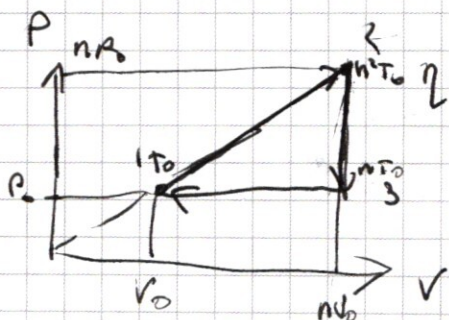
$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{12} - \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{17} = \frac{32}{5 \cdot 12} - \frac{45}{5 \cdot 17} = -\frac{13}{5 \cdot 17}$$

$$= -\frac{13}{5.17}$$

$$\Delta x = 0.6 \cos \alpha + u \sin \alpha$$

$$\Delta y = 0 + u \sin (\alpha + \alpha - 90^\circ) t$$

$$\cos(\beta - (90^\circ - \alpha)) = 2$$



$$\eta = 1 - \frac{Q^-}{Q^+}$$

$$\Delta H = \frac{3}{2} n R T = (1.5) R T$$

$$= \cos \beta \sin \alpha + \sin \beta \cos \alpha //$$

$$1) C_v = \frac{5}{2} R, C_p = \frac{7}{2} R = \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{5} + \frac{15}{12} \cdot \frac{4}{5} = 2.1$$

$$\frac{C_v}{C_p} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{C_v}{C_p} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$2) \frac{\Delta U_{12}}{\Delta_{12}} - ? \quad \Delta u = \frac{3}{2}(n^2 - 1) p_0 V_0$$

$$2 \cdot \frac{4}{3} + 11 \cdot 1$$



$$A = (1 - \frac{1}{n^2}) \frac{P_0 V_0}{P_0 V_0} \cdot \frac{n^2}{n^2 + 1}$$

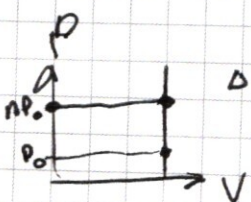
$$(n-1)P_0 V_0 + \frac{n(n-1)}{2} P_0 V_0 = P_0 V_0 \left(\frac{n^2 - n + 2n - 2}{2} \right)$$

~~$$P_0 V_0 (n-1) \left(\frac{n^2 - n}{2} \right)$$~~

$$\frac{\Delta U}{A'} = \frac{\frac{3}{2} (n^2 - 1) P_0 V_0}{\frac{1}{2} (n^2 - 1) P_0 V_0} = 3$$

$$y_{TS} = \frac{(n-1)(3n+5)R}{2}$$

$$3) Q^+ = Q_{23} + Q_{31} \Rightarrow C_v \cdot n(n-1)T_0 + \gamma C_p \cdot (n-1)T_0 = \gamma T_0(n-1) \left(n \cdot \frac{3}{2}R + \frac{5}{2}R \right)$$

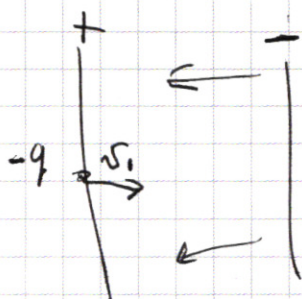


$$\Delta u = 0 + A \rightarrow 0$$

$$\Delta u = \frac{3}{2}(n-1) P.v. = Q = C_v (n-1) T_0 \cdot \gamma \quad \text{for } n=1 \rightarrow \frac{3}{2} T_0 \cdot \gamma$$

$$Q_{\bullet} = \Delta u + A' = \frac{3}{2} V R T_0 (n^2 - 1) + \frac{1}{2} = 2 V R T_0 (n^2 - 1) \quad \text{Ans}$$

$$E = \frac{u}{d}$$

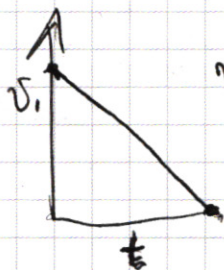


$$F = Eq = \frac{u \cdot q}{d}$$

$$a = \frac{u \cdot q}{d \cdot m}$$

$$v_1 = at \quad a = \frac{v_1}{t} = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

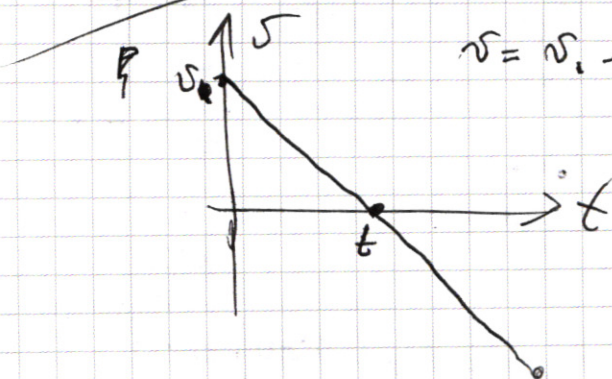
$$S = \frac{v_1}{2} \cdot t \Rightarrow t = \frac{2S}{v_1} = 1,6d \frac{v_1}{v_1^2}$$



$$\frac{u/q}{d \cdot m} = \frac{v_1^2}{1,6 \cdot d}$$

$$r = \frac{q}{m} = \frac{v_1^2}{1,6u}$$

$$T = 2t = 3,2d$$



$$v = v_1 - at$$

$$a = \frac{Eq}{m} = \frac{u/q}{d \cdot m}$$

$$v_1 = a \cdot t \quad t = \frac{v_1}{a}$$

$$S = \frac{v_1 \cdot t}{2} = \frac{a t^2}{2} = 0,8d$$

$$v^2 = 1,6ad$$

$$\frac{u}{d} \left| \frac{q}{m} \right|$$

$$v^2 = 1,6 \frac{u}{d} \left| \frac{q}{m} \right| d$$

$$F_{TP} = m \cdot a$$

$$F_{TP} \cdot \sin \theta = \frac{m u^2}{R \sin \theta} = \frac{m u^2}{R \sin \theta} = \frac{m u^2}{R \sin \theta} = \frac{m u^2}{R \sin \theta}$$

$$F = \frac{m u^2}{R \sin \theta} = \frac{m u^2}{R \sin \theta} = \frac{m u^2}{R \sin \theta} = \frac{m u^2}{R \sin \theta}$$

$$= \frac{17,3 \cdot 10^{-18}}{10 \cdot 10^{-15} \cdot 20} = \frac{17,3 \cdot 10^{-18}}{2 \cdot 10^{-14}} = 8,65 \cdot 10^{-4}$$

$$\left(\frac{4n+4}{3n+5} \right)^1 = 4 \cdot (3n+5) - 3(4n+4) = 12n+20 - 12n-12 = 8$$

$$\left| \frac{q}{m} \right| = \frac{v^2}{1,6u}$$

$$t = \frac{v_1}{a} = 1,6d$$

$$2T = 3,2d$$

$$3n+5 - 4n-4 = \frac{-n+1}{3n+5}$$